

УДК 621.9.025, 621.941.02
DOI: 10.12737/article_58ef80901b2c65.44939781

**А.Е. Зверовщиков, д.т.н.,
И.И. Артёмов, д.т.н.,
Н.В. Самохин, магистрант**
(Пензенский государственный университет, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: azwer@mail.ru; artemov@pnzgu.ru

Научный подход к обеспечению точности державок токарного инструмента со сменными неперетачиваемыми пластинами

Сформулированы проблемы конструирования державок инструмента с механическим креплением СНП и факторы, влияющие на точность обработки при замене режущих пластин. Разработана методика оценки погрешности установки пластин, определены точностные показатели обработки инструментом с неперетачиваемыми пластинами.

Ключевые слова: токарный резец; настроечный размер; неперетачиваемая пластина; погрешность базирования.

**A.E. Zverovshchikov, D. Eng.,
I.I. Artyomov, D. Eng.,
N.V. Samokhin, Master's degree student**
(State University of Penza, 40, Krasnaya Str., Penza, 440026)

Scientific approach to assurance of tool holder accuracy of turning tools with replaceable through-away tips

Problems in the tool holder designing of turning tools for circuits most commonly used at the mechanical mounting of replaceable through-away tips are formulated. There are defined factors influencing the assurance of machining accuracy at the procedures of cutting plate reinstallation or changes and drawbacks of existing circuits.

A procedure for the assessment of installation error components according to manufacturer tolerances for plate dimensions for different circuits of mounting is offered. The installation errors for through-away replaceable tips are calculated and the accuracy of turning with a turning tool at their use is assessed. A scientific substantiation for the approach to the development of procedures in the installation and mounting of through-away replaceable tips is offered.

Keywords: lathe tool; adjusting dimension; through-away tip; basing error.

Использование сменных неперетачиваемых многогранных режущих пластин из инструментального материала (СНП) в настоящее время считается наиболее выгодным с точки зрения уменьшения затрат времени на поднастройку и замену затупившегося инструмента [1].

По окончании периода стойкости державка инструмента не снимается с резцедержателя, а выполняется только замена режущей грани поворотом пластины, либо замена самой пластины. Выгода механического крепления СНП

при процедуре, соответствующей потере общей стойкости грани или пластины, в целом очевидна.

Однако значительно большая доля затрат времени приходится на процедуры, соответствующие потере размерной стойкости инструмента, поскольку размерная стойкость, как правило в несколько раз меньше его общей стойкости.

При этом перепозиционирование пластины или ее замена сопровождаются внесением по-

грешности в настроечный размер инструмента. Это ограничивает возможности дальнейшей обработки без коррекции настроечного размера путем пробной обработки на станках с ручным управлением, подладки на автоматизированных станках и линиях без ЧПУ и введения коррекции настроечного размера, либо «перепривязки» системы координат на станках с числовым программным управлением.

В этой ситуации исследования влияния процедуры перепозиционирования или замены СНП на погрешность настроечного размера весьма актуальны. Для реализации возможности обработки без перечисленных процедур, с сохранением настроечного размера в пределах допуска после перепозиционирования режущей пластины, необходима оценка погрешностей её установки на державке инструмента и анализ причин их возникновения.

Анализируя процесс размерной лезвийной обработки на токарном станке с ЧПУ можно выделить две процедуры, выполняемые при окончании периода общей стойкости кромки:

- перепозиционирование (поворот) режущей пластины для задействования следующей режущей кромки;
- замена пластины.

Величина погрешности установки при первой процедуре зависит от двух основных факторов: схемы базирования СНП на державке; параметров силового замыкания при её креплении.

При выполнении второй процедуры добавляется влияние на погрешность установки следующих факторов:

1. Допуски на размеры посадочных поверхностей СМП и размеры, определяющие положение рабочей режущей кромки относительно этих баз.

2. Допуски на размеры вспомогательных базующих поверхностей державки.

В каталогах производителей и справочной литературе приведены данные о допусках на некоторые размеры пластин, однако, методики и схемы для расчета общей погрешности размерной настройки вносимой перепозиционированием или заменой СНП отсутствуют.

Рассмотрим наиболее распространенные конструкции токарных резцов с механическим креплением СНП для оценки погрешности установки пластин при процедурах замены пластины [2].

Основными схемами установки СНП на державках токарных резцов являются следующие схемы, обычно называемые по спосо-

бу крепления:

- прижим повышенной жесткости (рис. 1, а);
- прижим рычагом за отверстие (рис. 1, б);
- прижим клин-прихватом сверху (рис. 1, в);
- закрепление пластин винтом (рис. 1, г).

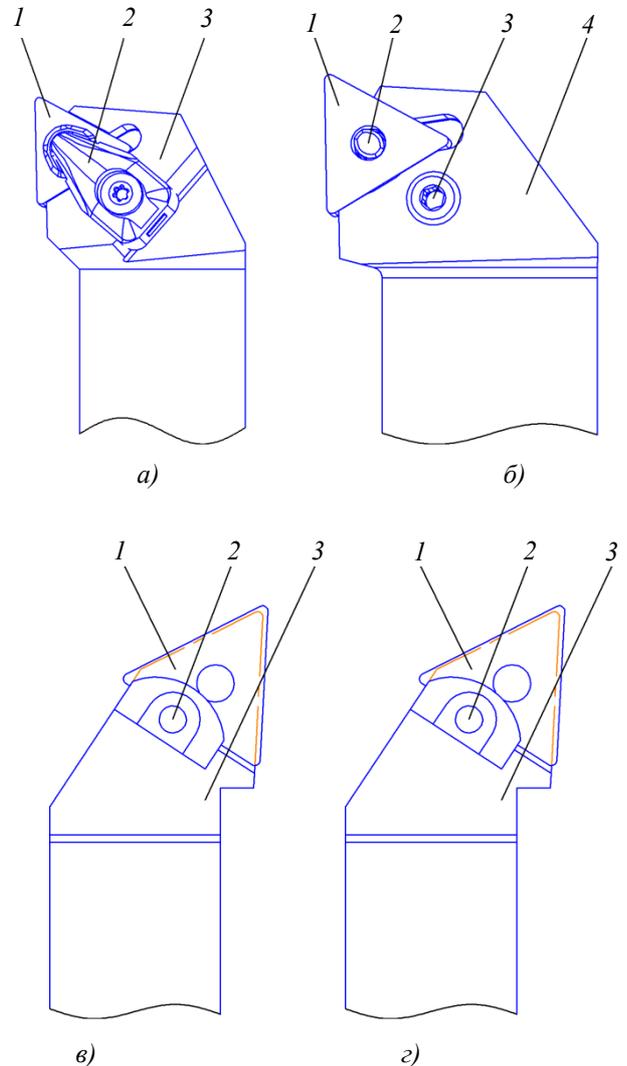


Рис. 1. Основные схемы крепления СНП:

а – крепление прижимом повышенной жесткости: 1 – пластина, 2 – прижим, 3 – державка; б – крепление рычагом за отверстие: 1 – пластина; 2 – рычаг; 3 – винт эксцентрика; 4 – державка; в – крепление клин-прихватом сверху: 1 – пластина; 2 – клин-прихват; 3 – державка; г – крепление винтом: 1 – пластина; 2 – винт; 3 – державка

Основными составляющими погрешности установки, согласно известной методике [3], являются погрешность базирования и погрешность закрепления.

Для определения погрешности базирования СНП, влияющей на изменение положения вершины пластины при её замене разработаем расчетную схему базирования для варианта

крепления пластины рычагом за отверстие. Целью является получение зависимостей, связывающих варьирование размеров СНП в пределах допуска, заявленного изготовителем, и погрешности настроечного размера.

В качестве примера СНП будем использовать трехгранную пластину типа TNMG 220412-MS (фирма Mitsubishi) [2]. Для пластин этого типа нормируемыми показателями точности являются допуск T_{IC} на вписанную окружность IC , допуск T_m на параметр, названный производителем высотой режущей кромки m , допуск T_{dS} на толщину пластины S .

Рассмотрим схему базирования СНП на державке в 2-х проекциях. На проекции, соответствующей виду в плане (рис. 2, а), обозначим предельные значения вписанной окружности IC как: D – вписанная окружность максимального диаметра (IC_{max}); d – вписанная окружность пластины минимального диаметра (IC_{min}).

Пластина базируется в державке по нижней и двум боковым поверхностям 1 и 2, которые являются установочной, направляющей и упорной базой соответственно. Сразу можно отметить в данной схеме неопределенность базирования, поскольку неизвестно, какая из боковых поверхностей имеет больше опорных точек и, скорее всего, это будет определяться допуском их расположения относительно базового отверстия. Примем гипотезу, что направляющей базой является боковая поверхность 1.

В случае замены пластин с предельными значениями вписанной окружности произойдет смещение ее центра. Обозначим точками A и C соответственно, центры окружностей D (IC_{max}) и d (IC_{min}). Введем систему координат с осями, совпадающими с системой координат детали на токарном станке. Тогда, изменение настроечного размера будет определяться смещением вершины режущей кромки по оси X .

Действительное значение смещения по оси X вершины пластины равно стороне MN в треугольнике MNP (рис. 2, б).

$$MN = \frac{MP}{\cos \beta},$$

где $\beta = \varphi - 90$.

Определим сторону MP равную стороне BC треугольника ABC через смещение центра вписанной окружности (см. рис. 2, а):

$$BC = AC \cos \frac{\varepsilon}{2},$$

где AC – расстояние между центрами окружностей D и d , равное допуску на диаметр вписанной окружности пластины T_{IC} ; ε – угол между проекциями главного и вспомогательного режущих лезвий на основную плоскость, принятый равным углу между кромками пластины.

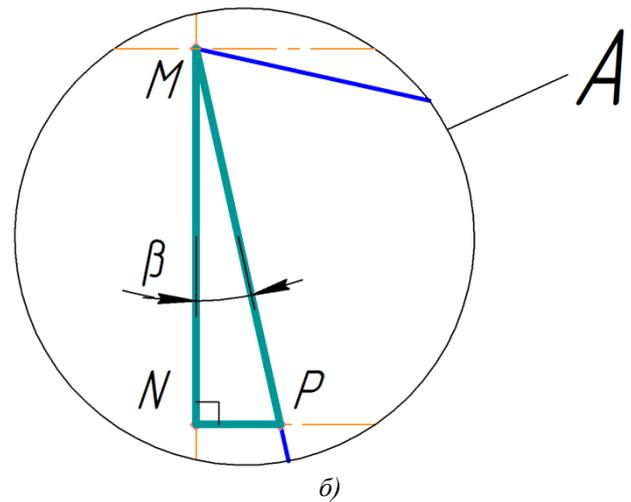
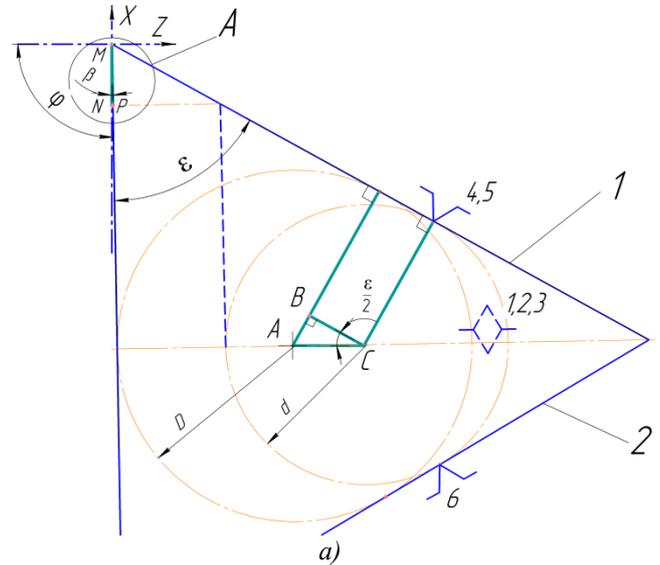


Рис. 2. Схема для расчета погрешности базирования пластины при креплении рычагом за отверстие:

а – вид в плане; б – вершина резца

Исключив влияние угла λ , примем погрешность смещения вершины в плане $\Delta_{p,пл} = MN$. Таким образом, выразив погрешность смещения вершины в плане через допуск вписанной окружности, получим:

$$\Delta_{p,пл} = \frac{T_{IC} \cdot \cos \frac{\varepsilon}{2}}{\cos \beta}.$$

Вторая проекция необходима для определения влияния допуска на толщину пластины T_{dS} на настроечный размер.

На схеме (рис. 3) обозначим предельные значения толщины пластины как S_{\max} и S_{\min} ; α – задний угол резца; α_1 – задний угол пластины; α_2 – угол наклона базовой площадки державки в главной секущей плоскости:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2.$$

Чтобы определить величину смещения вершины пластины по оси X , необходимо в треугольнике ADC найти сторону AD .

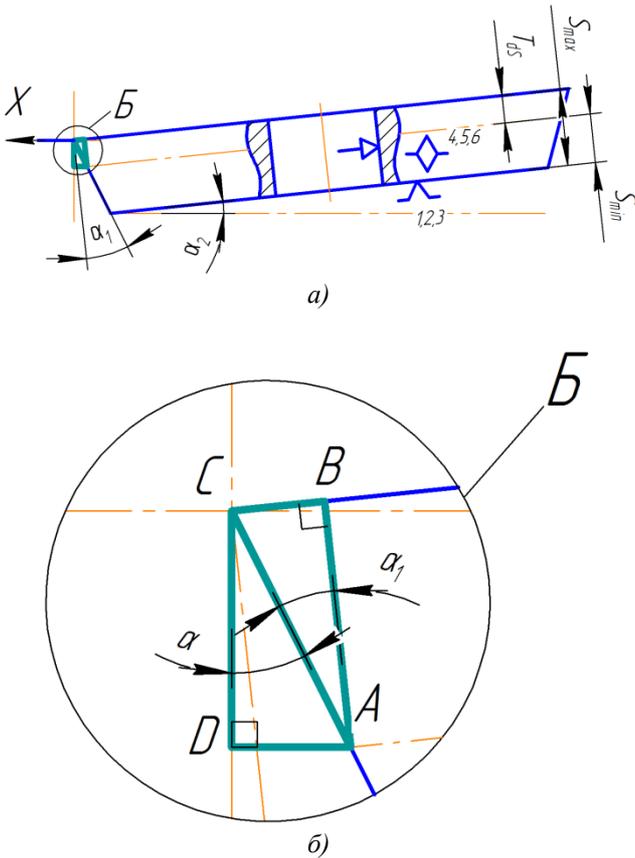


Рис. 3. Схема для определения влияния допуска толщины пластины S на настроечный размер: а – общий вид; б – вершина резца

Для этого из треугольника ABC найдем AC по формуле

$$AC = \frac{AB}{\cos \alpha_1}.$$

Тогда из треугольника ADC :

$$AD = AC \cdot \sin \alpha.$$

Если учесть, что длина AB равна допуску на толщину пластины T_{ds} , смещения вершины СНП по оси X от колебания толщины пласти-

ны в пределах допуска равны:

$$\Delta_{pTds} = \frac{T_{ds}}{\cos \alpha_1} \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2).$$

Тогда полная величина смещения вершины пластины от колебания размеров СНП, влияющая на настроечный размер $\Delta_{pпл}$ и Δ_{pTds} вычисляется по формуле

$$\Delta_p = \Delta_{pпл} + \Delta_{pTds}.$$

Определим расчетные значения величины смещения пластины при креплении рычагом за отверстие, взяв значения допусков и углов из инструментального каталога для пластины TNMG 220412-MS:

$$\Delta_{pпл} = \frac{0,16 \cdot 0,866}{0,99} = 0,138;$$

$$\Delta_{pTds} = \frac{0,26}{1} \cdot 0,145 = 0,027;$$

$$\Delta_p = 0,138 + 0,027 = 0,165 \text{ [мм.]}$$

Рассмотрим другую распространенную конструкцию с креплением СНП клин-прихватом сверху (см. рис. 1, в).

Направляющей базой служит одна из граней пластины, поверхность отверстия – упорной базой (рис. 4).

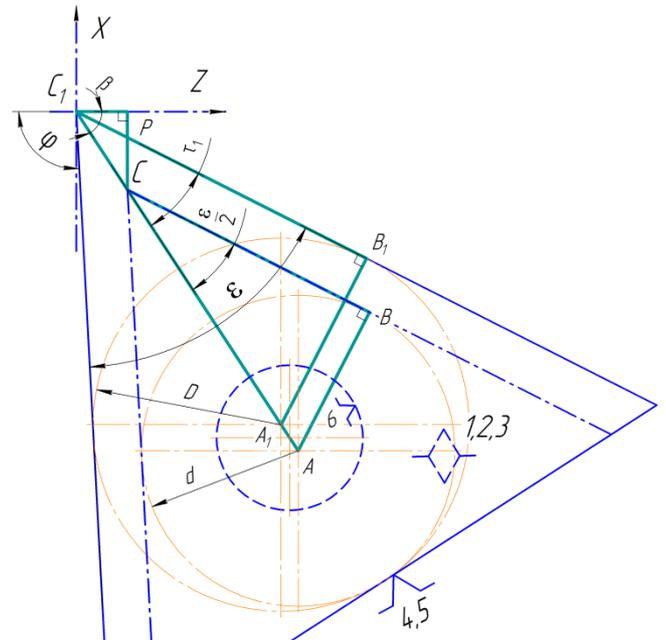


Рис. 4. Схема для расчета погрешности базирования пластины по допуску на диаметр вписанной окружности СНП при креплении клин-прихватом

В этом случае неопределенность базирования обусловлена неоднозначным нормирова-

нием точности размеров пластины. Во-первых, на пластине нормируется вписанный диаметр окружности IC (D, d) (см. рис. 4), во-вторых, нормируется допуск высоты пластины m (рис. 5).

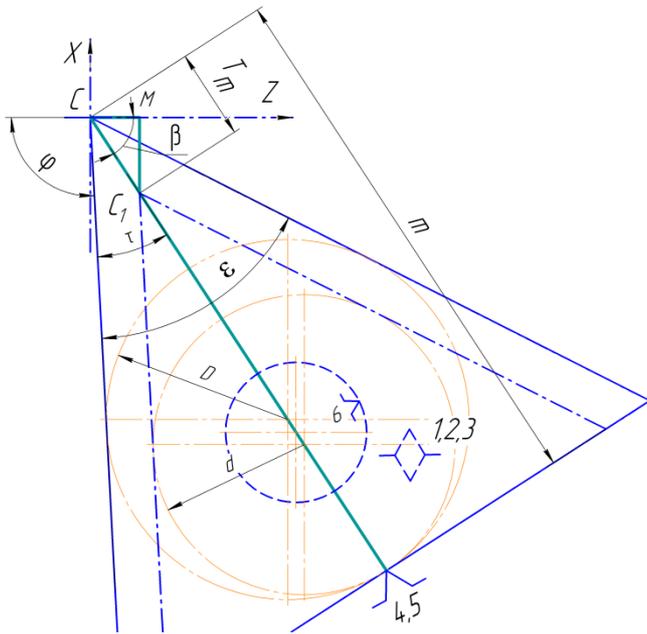


Рис. 5. Схема для расчета погрешности базирования пластины по допуску на размер m пластины при креплении клин-прихватом

Налицо противоречие между обеспечением точности пластины по указанным взаимозависимым параметрам. Приоритет обеспечения допусков при производстве неизвестен. Поэтому необходимо рассмотреть два варианта расчетного определения погрешности базирования СМП.

Построим схему базирования пластины для первого случая (см. рис. 4).

Чтобы определить погрешность смещения пластины $\Delta_{рпл}$, влияющую на настроечный размер, от изменения диаметра вписанной окружности в пределах допуска найдем сторону PC треугольника ΔPCC_1 .

Из треугольника ΔPCC_1 выразим CC_1 как

$$CC_1 = A_1C_1 - AC - A_1A,$$

где A_1C_1 – гипотенуза треугольника $\Delta A_1C_1B_1$ (расстояние от центра вписанной окружности максимального диаметра по допуску до вершины грани); A_1A – расстояние между центрами вписанной окружности максимального диаметра D и минимального d при условии контакта по направляющей базе (половина допуска на диаметр вписанной

окружности); AC – гипотенуза треугольника ΔABC (расстояние от центра вписанной окружности минимального диаметра по допуску до вершины грани).

$$A_1C_1 = \frac{A_1B_1}{\sin \frac{\epsilon}{2}},$$

где A_1B_1 – катет треугольника $\Delta A_1C_1B_1$, равный максимальному по допуску радиусу вписанной окружности D ($IC_{max}/2$).

$$AC = \frac{AB}{\sin \frac{\epsilon}{2}},$$

где AB – катет треугольника ΔABC , равный радиусу минимальной по допуску окружности d ($IC_{min}/2$).

Найдем максимально возможную погрешность настройки при замене пластин с предельными по допуску размерами:

$$PC = CC_1 \sin \beta,$$

где $\beta = 180 - \phi - \epsilon/2$; ϕ – угол в плане; ϵ – угол между проекциями главного и вспомогательного режущих лезвий на основную плоскость, принятый равным углу между кромками пластины.

Если преобразовать выполненные расчеты и использовать нормируемые данные, приведенные в каталогах инструментального обеспечения, составляющая погрешности настроечного размера в плане определяется так:

$$\Delta_{рпл} = \frac{m_{max} - \frac{IC_{max}}{2} - \frac{T_{IC}}{2} - m_{min} - \frac{IC_{min}}{2}}{\sin \beta},$$

где m_{max}, m_{min} – максимальная и минимальная высота режущей кромки пластины в пределах

допуска соответственно; $\frac{IC_{min}}{2}, \frac{IC_{max}}{2}$ – мак-

симальное и минимальное значения радиуса вписанной окружности пластины; — – половина поля допуска на диаметр вписанной окружности.

Влияние допуска на толщину пластины $T_{дс}$ на настроечный размер определяется аналогично схеме для державки с креплением рычагом за отверстие.

Используя данные из инструментального каталога определим смещение вершины СНП в двух проекциях, подставив значения величин:

$$\Delta_{p \text{ пл}} = \frac{22,13 - 6,39 - 0,08 - 21,87 - 6,31}{0,857} = 0,116 \text{ мм},$$

$$\Delta_{pTds} = 0,027 \text{ мм},$$

$$\Delta_p = 0,116 + 0,027 = 0,143 \text{ мм}.$$

Рассмотрим схему базирования пластины для второго варианта, когда жестко нормируется допуск на размер m (см. рис. 5):

Для определения величины смещения вершины пластины принимаем за исходную величину допуск T_m на размер пластины m . Величина смещения по оси X равна стороне MC_1 треугольника CMC_1 :

$$MC_1 = CC_1 \sin \beta .$$

$$\Delta_{p \text{ пл}} = T_m \sin \beta; \Delta_{p \text{ пл}} = 0,26 \cdot 0,857 = 0,223.$$

$$\Delta_{pTds} = 0,027;$$

$$\Delta_p = 0,223 + 0,027 = 0,25 \text{ мм}.$$

Также были проведены экспериментальные исследования, позволившие определить закон распределения и выполнить интервальную оценку погрешности закрепления СНП. Колебание математического ожидания погрешности закрепления на различных типах и классах точности пластин достигало 0,12 мм.

Вышеприведенные расчеты показывают, что сохранение настроечного допуска на размер при замене СНП достаточно проблематично и, в соответствии с допусками пластин нормального класса точности, обеспечивает получение размеров в наиболее актуальных диапазонах по допускам 11–14-го качества точности или грубее.

Таким образом, реализуемые большинством фирм-производителей в настоящее время схемы крепления СНП не позволяют реализовать в полной мере точностные возможности нового оборудования, в частности станков с ЧПУ. Это связано с несоблюдением известных принципов, обеспечивающих точность установки и базирования, при разработке конструкций режущего инструмента.

Для уменьшения погрешности установки СНП была разработана схема базирования пластин, реализующая принципы совмещения конструкторских и сборочных технологических баз с оптимизированным направлением вектора сил крепления СНП. Это позволило сохранить точность настроечного размера при токарной обработке наружных шеек валов диаметром 20...60 мм, обеспечивающую 7–8-й квалитет после замены режущей непереключаемой пластины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бржозовский, Б.М., Мартынов, В.В., Захаров, О.В., Зинина, Е.П., Царенко, М.А. Прогрессивные направления повышения эффективности использования металлорежущего инструмента. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 256 с.
2. Mitsubishi. Полный каталог инструмента (токарного и вращающегося). 2015 год. Русский язык. 1350 с.
3. Суслов, А.Г., Дальский, А.М. Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.

REFERENCES

1. Brzhozovsky, B.M., Martynov, V.V., Zakharov, O.V., Zinina, E.P., Tsarenko, M.A. *Promising Directions for Effectiveness Increase in Metal-Cutting Tool Use*. – Sary Oskol: TNT, 2013. – pp. 256.
2. Mitsubishi. *Complete Tool Catalogue (turning and rotating)*. 2015. Russian Language. pp. 1350.
3. Suslov, A.G., Dalsky, A.M. *Scientific Fundamentals of Mechanical Engineering*. – M.: Mechanical Engineering, 2002. – pp. 684.

Рецензент д.т.н. А.С. Янюшкин

